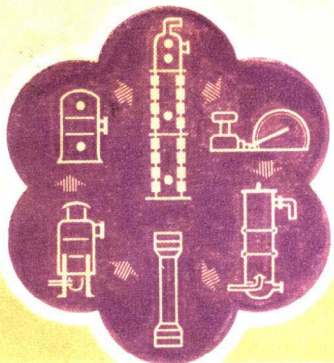




双加压流程碳酸氢铵生产

压 缩

江苏省燃化局组织编写

燃料化学工业出版社

内 容 提 要

本套书在1969年出版的《小型氮肥厂生产》的基础上,以江苏省三千吨合成氨厂新版设计为依据重新编写的。全书侧重介绍“双加压流程碳酸氢铵生产”,并通过调查研究在内容上增添了近年来一些技术革新成果和实践经验,补充了有关的理论基础知识。全书共分造气、脱硫变换、压缩、碳化、精制、合成六个分册出版。

本书为这套书的第三分册,介绍活塞式压缩机的工作原理、压缩系统的流程和设备、生产操作、压缩机事故处理、维护和检修等。

此书可作为新建小氮肥厂培训工人的教材,也可供生产厂的操作工人、管理干部、车间技术人员参考。

这套书由江苏省燃化局组织编写,其中的“造气”、“精制”分册由泰兴县化肥厂执笔;“脱硫变换”、“合成”分册由高邮县化肥厂执笔;“压缩”、“碳化”分册由无锡县化肥厂执笔;全书由泰兴县化肥厂统一整理;最后由南京化工学院无机物工艺教研室审订。在编写过程中,江苏省、浙江省、上海市有关化肥厂均提供了不少宝贵意见。

双加压流程碳酸氢铵生产

压 缩

江苏省燃化局组织编写

*

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平门18号)

燃料化学工业出版社印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787×1092^{1/32}

印张 2

字数 41 千字

印数 1—22,400

1974年11月第1版

1974年11月第1次印刷

书号15063·2067(化-154) 定价 0.17 元

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

绪 言

在化肥生产过程中，原料气的精制及氢氮气的合成，是在一定的压力下进行的。为此需应用压缩机来运送气体和提高气体压力，即将半水煤气压缩到一定的压力，送至变换和碳化除去大部分一氧化碳和二氧化碳，再压缩到150公斤/厘米²左右，去精炼系统清除残余的二氧化碳和一氧化碳等杂质，然后送至合成系统合成为氨。

从上述可知，在制氨过程中，压缩岗位占有极其重要的地位。压缩机的生产能力及其工作的好坏，是决定合成氨产量高低的关键因素之一。化肥厂的动力消耗，也主要在这个岗位上。因此，操作人员必须尽力保证本工段机械设备的正常运转，增加产量，节约电耗，降低成本，支援农业，为中国革命和世界革命作出新贡献。

为了便于了解压缩过程中气体的状态变化(温度、压力、体积)，在讲压缩原理之前，有必要将下面几个定律叙述一下。

1. 波义耳—马略特定律 当温度不变时，一定质量的气体的压力与其体积成反比。换句话说，气体在恒温下被压缩时，则其体积将随压力的增加而成比例减少。例如：将气体由1大气压压缩到100大气压（绝对）时，则其体积就变为原来体积的1/100。

2. 给吕萨克定律 在压力不变的情况下，如果使气体受热或冷却，则其体积就将相应地增加或减少。换句话说，

当一定质量的气体受热而温度升高时，如果它的压力保持不变，则它的体积就会增大，也就是要发生热膨胀的现象。例如，在压力不变时，若将气体温度升高 1°C ，则其增加的体积将等于它在 0°C 时所占体积的 $1/273$ 。

3. 查理定律 在保持气体体积不变的情况下，如使气体受热或冷却，则其压力亦会相应的增高或降低。换句话说，当一定质量的气体受热而升高温度时，如保持其体积不变，则其压力就会增高。例如，在气体体积不变时，如使气体的温度升高 1°C ，则其压力的增加将等于它在 0°C 时压力的 $1/273$ 。

综上所述，我们可以简略地用几句话来表示上述三个定律。即，

在恒温下，气体的体积与压力成反比。

在恒压下，气体的体积与温度成正比。

在恒容下，气体的压力与温度成正比。

在实际压缩过程中，虽然气体的体积、温度和压力都是在变化的，但我们从上述三个基本定律中不难理解，气体经过压缩以后，温度和压力是升高的，而体积则是缩小的。

将上面三个定律综合起来，可用下列方程式来表示：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

式中 P_1 、 P_2 ——分别表示条件变化前后的气体压力，其数值常用绝对大气压表示，即由压力表上的读数加上一个大气压；

V_1 、 V_2 ——分别表示条件变化前后的气体体积；

T_1 、 T_2 ——分别表示条件变化前后气体的绝对温度，其数值系由日常采用的水银摄氏温度计所测得的读数加上 273 而得。

例如：水银温度计读数为 25，则气体绝对温度为 $273 + 25 = 298^\circ \text{K}$ 。

压缩机各段气缸容积、冷却器等的设计，即是按照这些基本定律进行计算确定的。因此，操作中经常注意各段气体的压力及温度，即可知道压缩机的运转是否正常。

压缩机的类型很多，按其工作原理大体上可分为离心式和活塞式两类。在活塞式压缩机中，按气缸的位置和排列方法又可分为：立式的、卧式的、混合式的和单列的、双列的。目前小氮肥厂所用的压缩机都是活塞式压缩机。本书所介绍的氮氢气体压缩机是属于立式双列活塞式压缩机。

目 录

绪 言

第一章 活塞式压缩机的工作原理	1
第一节 压缩过程	1
第二节 示功图	2
第三节 压缩气体的三种过程	6
第四节 多段(级)压缩	8
第五节 压缩机的生产能力及其影响因素	10
第六节 压缩机生产能力的计算	12
第二章 压缩系统的流程和设备	14
第一节 压缩系统的流程	14
第二节 压缩系统的设备	16
第三章 生产操作	27
第一节 压缩机的原始开车	27
第二节 压缩机的停车	33
第三节 压缩机的正常操作	34
第四章 压缩机的事故处理	38
第五章 压缩机的维护和检修	49
第一节 压缩机的维护	49
第二节 压缩机的检修	51
附录 废油再生	56

第一章 活塞式压缩机的工作原理

第一节 压缩过程

每台压缩机都有气缸和活塞。

图1所示是一种单作用式压缩机气缸。这种压缩机当活塞在气缸中往返一次，只有一次吸气过程和排气过程。其压缩气体的过程共分为三步，即：吸入；压缩；排出。现分述于后：

（一）吸入 当活塞2向左边移动时（见图1）缸内体积增大，压力下降；当压力降到稍小于进气管中的气体压力时，则进口管中的气体便顶开吸入活门3的弹簧进入气缸，并随着活塞的向左移动继续进入缸内，直到活塞移至左边的末端（又称左死点）为止。

（二）压缩 当活塞调转方向向右边移动时，缸内体积开始缩小，压力也随之上升；由于吸入活门有止逆作用，故缸内气体不能倒回到进口管中。同时，因出口管中的气体压力又高于气缸内部的气体压力，则缸内的气体也无法从压出活门4流出缸外，而出口管中的气体又因压出活门的止逆作用，也不能流回缸内。此时，缸内的气体量保持一定，只因活塞继续向右移动，缩小了缸

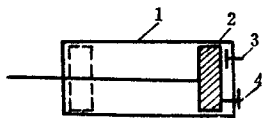


图 1 单作用式压缩机的气缸简图

1—气缸；2—活塞；3—吸入活门；
4—压出活门

内的容气空间（体积），故使气体的压力升高。

（三）排出 由于活塞右移压缩了缸中的气体，提高了气体的压力，当缸内的气体压力升高到稍大于出口管中的气体压力时，缸内气体便顶开压出活门的弹簧而压入出口管中，并继续到活塞移至右边末端（又称右死点）为止。然后，活塞又开始向左移动，重复上述动作。

由于活塞在气缸内不断地来回运动，便使气缸循环地吸入和排出气体。活塞的每一来回，称为一个工作循环。活塞每来或回一次所经过的距离，叫做冲程。

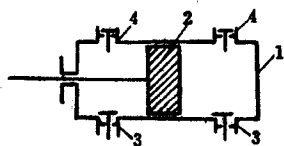


图 2 双作用式压缩机的
气缸简图

1—气缸；2—活塞；3—吸入活
门；4—压出活门

图 2 所示是一种双作用式压缩机的气缸。这种气缸的两端，都具有吸入活门和压出活门。其压缩过程与单作用式气缸相同，所不同的只是在同一时间里，不论活塞向哪一方向移动，都能在其前方发生压缩作用，在其后方进行吸气过程。

也就是说，无论活塞向左或向右移动，都能同时吸入和压出气体。

第二节 示 功 图

（一）理论示功图

气体在气缸内体积和压力的变化，可以用专门的仪器（示功器）描绘在图纸上，这种图，就称为压缩机的示功图。从示功图上，可以看出气体在气缸内的真实工作情况，同时，也可以从示功图中发现压缩机的不正常现象。

如图3所示，当活塞2按箭头a的方向向右移动时，缸内

I 的空间增大，吸入活门 3 打开，吸入过程开始。如设进入气缸的气体压力为 P_1 ，则活塞由左死点移至右死点时所进行的吸入过程，在示功图中，用一段平行于 V 轴并和它相距 P_1 的直线 AB 来表示。此直线说明，在吸入过程中，气缸压力恒定不变，而气体的体积却不断增加。

当活塞调过头来，按箭头 b 的方向向左移动时，缸内 I 的空间缩小，气体开始被压缩，随着活塞继续左移，空间愈来愈小，气体压力也就逐渐升高。这一压缩过程，在示功图中以曲线 BC 表示，此曲线称为压缩曲线。曲线 BC 表明，在压缩过程中，随着压力的逐渐增加，气体体积是逐渐缩小的。

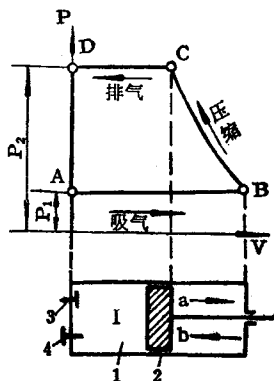


图 3 压缩机的理论示功图

当缸内的气体压力升高到 P_2 时，压出活门 4 被顶开，排气过程便开始。这一过程，在示功图中以一段平行于 V 轴，并以与它相距为 P_2 的直线 CD 来表示。此直线表示，在排气过程中，缸内压力一直保持不变，而体积不断减小。

当活塞达到左死点时，运行停止，排气过程结束。活塞转而向右移动，缸内压力下降，吸入过程又重新开始。活塞在左死点改变运行方向，并向右边移动时，气缸内压力下降的过程，在示功图中以垂直于 V 轴的直线 DA 来表示。

在理论示功图中，以 AB、BC、CD 及 DA 线为界线

在理论示功图中，以 AB、BC、CD 及 DA 线为界线

的A B C D A图形的面积，就表示压缩气体时所消耗的功，也就是推动压缩机所必须的理论功。因此，理论示功图的面积愈小，则将气体压缩到所需压力时消耗的理论功也就愈少。

(二) 实际示功图

在描绘理论示功图时，并没有考虑到活塞与气缸盖之间的空隙（余隙），而当活塞运行至死点时，与气缸盖完全靠近。但实际上，气缸的余隙是存在的，也是无法避免的，因为：

1. 压缩气体时，混合气中可能有部分水蒸汽凝结下来，而水是不可压缩的，如果气缸中不留余隙，则压缩机不可避免地会遭到损坏。因此，压缩机气缸中的余隙容积，不但应留，而且还应留得比可能由气体凝结成液体的体积大一些。

2. 由于余隙容积的存在，以及残留在余隙容积内的气体的膨胀作用，能使吸入活门开关时比较平稳；同时，也不会使活塞与缸盖发生撞击，而招致损坏。

3. 压缩机上装有活门室，在活门室中的进出口活门之间的通路上，必须留有空隙，以和缓气体对进出口活门的冲击作用。同时，为了安装和调节时的需要，在气缸盖与处于死点位置的活塞之间，也必须留有一定的空隙。

从上述看来，气缸中留有余隙，能给压缩机的装配、操作和安全使用带来很多好处。但余隙留得过大，不仅没有好处，反而对压缩机的工作有很大影响。因为留在余隙中的气体，在吸气时产生膨胀作用，会使吸入的气体量减少，压缩机的生产能力也就因此降低。所以，在一般情况下，压缩机气缸所留的余隙容积，约为气缸工作部分容积的3~8%；而在压力较高，直径较小的压缩机气缸中，所留的余隙容积通常为5~12%。

图4是一压缩机气缸的实际示功图。从图中可以看出，由于气缸有等于 V_0 的余隙容积存在，则吸入过程并不是活塞在死点（图中的A点）时就开始进行，而是在活塞反向走了一段距离，直到缸内压力稍小于进气管中的气体压力时，吸入活门才打开，气体才开始进入缸内（图中的 A_1 点）。因此，实际吸入的气体体积 V_2 小于活塞行程所扫过的体积 V_3 。产生这种现象的原因，是余隙内的气体膨胀了（图中的 V_1 ）。

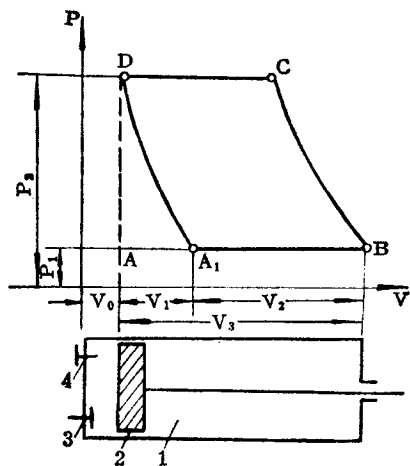


图4 压缩机的实际示功图

1—气缸；2—活塞；3—吸入活门；4—压出活门

V_0 —余隙容积； V_1 —吸气时余隙容积内的气体膨胀后的体积； V_2 —实际吸入的气体体积； V_3 —活塞压出的气体体积； P_1 —吸入时的气体压力； P_2 —压出时的气体压力

A_1B 线、 CD 线实际上是一条曲折波纹线，这是因为在吸气和排气过程中受活门片（或称阀片）的振动，受管道外气体的波动和气体与活门片的摩擦等因素影响的缘故。

实际吸入的气体体积 V_2 与活塞行程容积 V_3 之比 (V_2/V_3)，

称为压缩机的容积效率。

容积效率除与余隙容积的大小有关外，还与压缩比 $[P_2$ （最终压力）/ P_1 （最初压力）]的大小有关。余隙量一定时，压缩比愈大，容积效率愈小。

第三节 压缩气体的三种过程

气体被压缩时，会产生大量的热，其原因是由于外力对气体作了功。气体受压缩的程度愈大，则其受热的程度也愈大，温度也就升得愈高。

压缩气体时所产生出来的热量，除了大部份留在气体中，使气体温度升高；还有一部份传给了气缸，使气缸温度升高；此外还有少部份热量通过缸壁散失于空气中。

压缩气体时所需的压缩功，决定于气体状态的改变过程。说得明显一点，压缩机耗功的大小，与被压缩气体的温度变化有直接关系。一般来说，压缩气体的过程有以下三种：

（一）等温压缩过程

在压缩过程中，能与压缩功相当的热量完全移去，使气缸内气体的温度保持不变者，称为等温压缩。在等温压缩过程中所消耗的压缩功最小。但这一过程，为一理想过程，在实际生产中是很难办到的。

（二）绝热压缩过程

在压缩过程中，与外界没有丝毫的热交换，压缩所产生的热量全部留在缸内，使气体的温度升高。此种不向外界散热，也不从外界吸热的压缩过程，称为绝热压缩。此种过程的耗功最大，也是一种理想过程。因为在实际生产中，无论在何种情况下，要想避免热量的损失，是很难做到的。

(三) 多变压缩过程

在压缩气体的过程中，即不完全等温，也不完全绝热的过程，称为多变过程。这种过程，介于等温和绝热过程之间。实际生产中的压缩气体，均属此种过程。

图5是气体在上述三种过程下的压缩曲线。其中最外一条曲线BC，表示绝热过程，故称为绝热压缩曲线；位于中间的曲线 BC_1 ，表示在实际情况下的气体压缩过程，称为多变压缩曲线；位于里层而倾斜度最大的曲线 BC_2 ，是表示气体在温度不变的情况下的压缩过程，故称为等温压缩曲线。

从图中可以看出，气体在绝热压缩时，图形ABCD的面积比在等温压缩时的面积 ABC_2D 为大，故等温压缩时所消耗的功，就比在绝热压缩时所消耗的功小得多。同时，从图中也可看出，多变曲线介于等温和绝热曲线之间，其面积 ABC_1D 比等温压缩时的面积 ABC_2D 为大，比绝热压缩

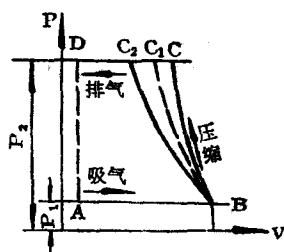


图 5 气体压缩曲线
BC—绝热曲线； BC_1 —多变曲线； BC_2 —等温曲线

时的面积ABCD为小。因而，在多变压缩过程中所消耗的功（动力）就比等温压缩时大，比绝热压缩时小。多变曲线愈偏近于等温曲线，则其所损耗的功也就会愈小；反之，如果多变曲线愈靠近绝热曲线，则所消耗的功就会愈多。所以，在实际工作中，为了节省压缩功，也就是节省压缩气体时所消耗的动力，就必须使多变过程尽量接近于等温过程。

要使多变过程接近于等温过程，就必须将压缩气体时所产生的热量移去。在实际生产中，为了达到上述目的，都用

冷却水来冷却压缩机的气缸和压缩以后的气体。冷却的效果愈好，移去的热量就愈多，多变曲线也就能愈接近于等温曲线，则消耗的动力也就愈少，愈经济。

第四节 多段（级）压缩

要用一段压缩机将气体压到很高的压力，压缩比必然很大，会使压缩过程产生下面的一些问题：

1. 压缩比大，所产生的热量也多，因受冷却效率的限制，不能及时移走，使多变压缩远离等温压缩而偏近于绝热压缩过程，动力消耗大。

2. 压缩比过大时，气缸温度会升得很高，使润滑油失去原有性能，粘度降低、烧成碳渣等，而使润滑困难。压缩机没有良好的润滑，它的机件就会损坏。

3. 压缩比大，则曲柄和连杆等运动机件的材质、尺寸必须相应地提高和增大，不然就不能适应其所承受的负荷。这样不但增加了制造上的困难，而且还会使压缩机的造价增高。

4. 压缩比过高时，由于余隙中高压气体在吸气时膨胀，容积效率减少，会使压缩机的生产能力显著降低。

由此可见，要将气体压缩到较高的压力，不能采用一段压缩，而需采用多段压缩的办法。

所谓多段压缩，即根据所需的压力，将压缩机的气缸分成若干压力等级（如低压段、中压段和高压段），并在每段压缩后，设置中间冷却器以冷却每段压缩后的高温气体。这样，便使整个压缩过程接近于等温压缩过程，而气体的压力则分步提高到所需指标。

图6是四段压缩机的示功图。从图中可以看出，当气体

在 P_1 压力下进入一段气缸（低压气缸），并在缸中压缩到 P_2 压力时，由于气缸水夹套的冷却作用，便节省了面积 Bab 的功；当气体自一段出来，经过一段气缸后的中间冷却器时，气体温度降低，体积由 b 点降到 C 点，但其压力 P_2 仍然保持不变。这样，又使第二段压缩时，节省了面积 $cade$ 的功。

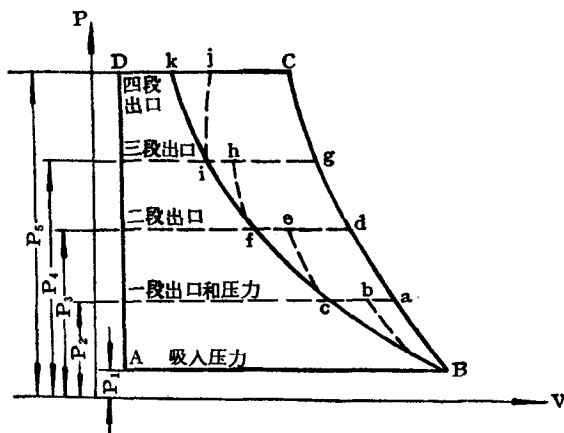


图 6 四段压缩机的示功图

BC—绝热曲线；BK—等温曲线； Bb, ce, fh, ij —实际分段多变压缩曲线； P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 —各段压力

同样道理，由第二段到第三段所节省的功，可用面积 $fdgh$ 来表示；由第三段到第四段所节省的功，可用面积 $igCj$ 来表示。如果分段愈多，则 B, b, c, e, f, h, i, j 各点的连线，就会愈加靠近等温曲线，节省的功也就愈多。

综上所述，用多段压缩的办法将气体压到更高的压力，可以克服用单段压缩时的缺点，并能使压缩过程接近于等温过程；且段数愈多，愈能使压缩过程接近于等温过程，节

省的功也就愈多。但是，段数太多，气体经过进出口活门和中间冷却器的次数也随之增多，阻力损失就会相应增大。同时，压缩机的段数愈多，造价愈贵，若超过一定的段数以后，其所省之功，还不能补偿制造费用的增加。因此，压缩机的段数也不能无限制的增多，一般以不超过七段为限。小型压缩机一般压缩比在3~4之间，选用段数为4~5段。

在多段压缩机中，根据理论计算，压缩比以各段平均分配最为省功。实际上，在确定各段的压缩比时，尚需考虑到机器负荷的均衡性，并将各段的压缩比在允许范围内作适当的调整。

第五节 压缩机的生产能力及其影响因素

在单位时间内压缩机的压缩的气体数量，称为压缩机的生产能力（也可称为压缩机的打气量），其单位为米³/小时或米³/分（吸气状态）。

除了压缩气体的能量消耗外，压缩机的生产能力也是衡量压缩机工作好坏的重要依据。在实际生产中，希望压缩过程尽量接近于等温过程，使其消耗的能量最小；同时，也希望在消耗能量小的情况下，能充分发挥压缩机的生产能力。

影响压缩机生产能力的因素，主要有以下几种：

1. 余隙容积 前面已经讲过，气缸的余隙愈大，则其容积效率愈小。因为，余隙内的高压气体在吸气时产生膨胀而占去部份容积，余隙愈大，吸入的新鲜气量愈少，使压缩机的生产能力降低。所以，就压缩机的生产能力来说，气缸的余隙容积，又可称为有害容积。

2. 泄漏损失 压缩机的生产能力，与活塞环（涨圈）、吸入活门、压出活门以及气缸填料（盘根）的气密程度，有